

南極ドームふじの降雪、積雪表面、氷床深層コアの気候・環境要素の振幅と相関(その2)

本山秀明^{1,2}、ドームふじ氷床コア研究プロジェクトメンバー¹

¹ 国立極地研究所, ² 総合研究大学院大学

Amplitude and correlation of environmental signals in solid precipitation, surface snow and deep ice core at Dome Fuji, Antarctica (2)

Hideaki Motoyama^{1,2} and Dome Fuji Ice Core Project members¹

¹ National Institute of Polar Research, ² The Graduate University for Advanced Studies (Sokendai)

Two deep ice cores (DF1: 2503m, DF2: 3035m) at Dome Fuji, Antarctica have the in-depth information on global environmental change from present to the past 720,000 years. We made the data set of major ion concentration, dust concentration and stable isotope ratio which were analyzed 10cm sample every 50cm from 2400m to 3035m using the DF2 core. The age of this depth was covered from 300,000 to 720,000 years before. Using the DF1 core, major chemical species were carried out using 7-10cm ice samples cut out of the 50 cm-long spaced from 0.5 to 2.5m. All data was averaged by every 5 m or every 1,000 years. The indexes of climate and environment are the following elements; MSA^- , Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , H^+ (calculated from pH), Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , δD , $\delta^{18}\text{O}$, d-excess, dust. Generally, there is a feature in correlation respectively by the climatic stage. δD or $\delta^{18}\text{O}$ which becomes the index of the temperature and the environmental elements (for example, Na^+ and Mg^{2+}) indicate the strong negative correlation, but its degree is different depending on the climatic stages. Especially, warming events (AIM, inter-glacial stage) are studied with different time scale. Time scales of our studies are daily, yearly, decadal, few hundred and millennial-scales and glacial-interglacial cycle. Deep ice core records are compared with initial conditions (precipitation and surface snow). We show the difference of the chemistry of surface snow by the difference of the snow type in the same area. The amplitude of the variation of the signal becomes small from surface snow to ice. The average value of snow is inter-glacial stage level. By the way, the concentration of nitrate decreased from the snow surface as you know. Calcium and nitrate has no correlation in surface snow but they have a strong correlation in the ice core.

1. はじめに

南極ドームふじ基地から採取された氷床コアは過去 70 万年間の気候・環境変動の情報を保存している。この情報は降雪とともに降り積もり、長い年月をかけて様々に変質しながら現在の深さに保存されている。この初期段階を解析する目的で、ドームふじ基地にて 1997 年に通年の降雪採取や積雪ピット観測を行った。また 2010 年、2013 年には氷床表面から 2m 程度の深さまで詳細な積雪ピット観測を行い、2 cm 間隔で積雪を採取した。雪・氷試料は冷凍状態で極地研に持ち帰って化学分析を行った。気候・環境変動の指標としては次の分析要素を使った。 MSA^- , Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , ss-Na^+ , nss-SO_4^{2-} , nss-Ca^{2+} , δD , $\delta^{18}\text{O}$, d-excess, dust, pH、電気伝導度など。

2. 結果

降雪採取の時間間隔としては約 1 日、氷床表面のピット観測は 1 年に 2-5 回のサンプル数で 20-30 年分に相当する。3000m 長の深層コアの分析データは深さ 5m 毎の平均値で整理し、時間間隔は 1000-5000 年に相当する。気温の指標である酸素同位体 $\delta^{18}\text{O}$ は、降雪、積雪表面、氷床コアの順に振幅が小さくなっていく。氷床コアでは一般的に氷期にイオン濃度が大きくなる。現在は暖かな間氷期であるにもかかわらず、降雪中のイオン成分の大きな季節変化は氷期-間氷期間の濃度変化を超えるものがある。積雪表面で大きく濃度を減少させる NO_3^- は、氷床コア中では間氷期の濃度に相当する。 Na^+ も概ね間氷期の濃度である。 MSA^- は積雪表面の変化は氷期-間氷期の変化量と同等である。

ほとんどのイオン濃度は $\delta^{18}\text{O}$ と逆相関を示す。すなわち寒い氷期は accumulation rate が少なくなるためであるが、エアロゾルの発生源の拡大や輸送力の強化によることも加味される。積雪表面と氷床コア内の $\delta^{18}\text{O}$ と $(\text{Na}^+ + \text{Mg}^{2+})/\text{nssSO}_4^{2-}$ の相関は同じような傾向を示しており化学組成については安定していることが示唆される。 $\delta^{18}\text{O}$ と $\text{MSA}^-/\text{nssSO}_4^{2-}$ は、-57~-58‰で極大値を持つ。 Ca^{2+} と NO_3^- は、氷床コア内では強い正の相関を示す。ドームふじ基地では 1997 年に降雪に加えて飛雪（ドリフト）、表面積雪の採取も行った。ほとんどのイオンは（特に冬は）降雪、ドリフト、表面積雪の順に同じ時期の濃度は減少していった。地表付近の水蒸気が空気中を飛んでいる雪粒や積雪表面に昇華凝結しているためと考えられるが、定量的に解釈するのは困難である。降雪とともに気候や環境指標物質が降り積もり、再分配しながら氷床内部に保存されている。しかし各成分では時間をかけて独自の変化をしている。これらを解き明かすのは、氷床コアから古環境を復元するのに重要である。